

# Correlation between Fluoride Release, Microhardness and Solubility of High viscosity Glass Ionomers

Bisol Shin, Jongsoo Kim, Seunghoon Yoo

*Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Dankook University*

## Abstract

This study was to measure and compare the amount of fluoride, microhardness and solubility of high viscosity glass ionomer and resin-reinforced glass ionomer during 84 days.

Fuji IX GP EXTRA, Fuji IX GP, Fuji II LC and Filtek™ Z350XT stored in deionized water for 84 days to measure fluoride release, microhardness and solubility.

As a result of measurement of fluoride release, all the glass ionomers showed the highest amount of fluoride release on day 1 and gradually decreased. Fuji IX GP EXTRA showed the highest amount of fluoride release and cumulative release. And Fuji IX GP and Fuji II LC showed no significant difference. Microhardness measurements showed that all experimental groups decreased 1 day after exposure to water. After 84 days, microhardness showed no significant difference between Fuji IX GP EXTRA and Fuji IX GP, and Fuji II LC was the lowest. In the solubility measurement, Fuji IX GP EXTRA, Fuji IX GP, and Fuji II LC increased rapidly to 21 days. After 21 days, there was no significant difference in the three groups. As a result, short term fluoride release affects solubility and microhardness, but long term fluoride release has no correlation.

Through this study, the amount of fluoride, microhardness, and solubility of various glass ionomers were evaluated, and these properties could be applied clinically.

**Key words :** Glass ionomer, Solubility, Microhardness, Fluoride

## I. 서 론

1960년대 후반 Wilson과 Kent[1]에 의해 개발된 글라스아이오노머는 플리오로알루미노실리케이트(fluoroaluminosilicate) 글라스와 폴리악릴릭산으로 구성되어 있으며 분말과 용액의 혼합을 통한 산-염기 반응으로 경화된다[2]. 글라스아이오노머의 장점은 생체적합성이 좋으며 치질과 화학적 결합을 하고 치아 우식 예방에 효과적인 불소를 방출 하는 것이다[3]. 하지만 여러

장점에도 불구하고 전통적 글라스아이오노머는 경화시간이 길며 수분에 민감하고 낮은 기계적 물성을 보여 높은 교합력을 받는 부위의 1급이나 2급 와동에서 사용이 적절하지 않았다[3]. 이러한 단점을 보완하여 금속 강화형 글라스아이오노머, 레진 강화형 글라스아이오노머, 고점도 글라스아이오노머 등이 지속적으로 개발되었다.

글라스아이오노머의 장점 중 하나인 불소 방출은 단기간과 장기간 방출의 서로 다른 기전으로 진행된다[4]. 단기간의 방출은

*Corresponding author : Seunghoon Yoo*

*Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Dankook National University, 119 Dandae-ro, Dongnam-gu, Cheonan, 31116, Korea*

*Tel: +82-41-550-0222 / Fax: +82-41-550-0118 / E-mail: yoo.seunghoon@gmail.com*

*Received June 14, 2018 / Revised July 10, 2018 / Accepted July 3, 2018*

표면에서 재료 자체가 용해되어 불소가 일시에 방출되는 과정이며(burst of fluoride) 장기간의 방출은 분말속의 글라스 입자가 산 용액에 녹아 경화되면서 양이온인 칼슘, 알루미늄, 나트륨 등과 같이 음이온인 불소가 서서히 방출되는 기전이다[4,5]. 재료가 개발되는 과정에서 분말과 용액의 비율, 분말의 조성 등에 따라 앞에 언급한 두 개의 기전이 진행되는 비율이 달라지며 또한 기계적 물성도 달라진다.

최근에 개발되는 고점도 글라스아이오노머는 분말-용액 비율이 증가되어 불소 유리량이 증가되고 경화시간이 감소하는 추세이다. 하지만 글라스아이오노머는 제조사가 제시한 경화시간이 지난 후에도 수분 노출에 의하여 물성이 변화되며 이러한 과정은 장기간에 걸쳐 지속된다는 연구가 있었다[6,7]. 단기간의 불소 방출은 경화과정에서의 방출만이 아니라 재료 표면에서의 용해에 의한 방출을 포함하기 때문에 불소 유리량 측정을 포함한 용해도, 표면의 경도에 대한 연구가 필요하며 또한 단기간을 포함한 장기간의 재료의 물성 평가를 통하여 이들의 상관관계를 알아볼 필요가 있다.

이 연구의 목적은 지속적으로 개발되고 있는 최근의 고점도 글라스아이오노머들과 레진 강화형 글라스아이오노머가 탈이온수에서 장기간 보관될 때의 불소 유리량, 미세경도와 용해도를 측정하고 비교하는 것이다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 연구재료

실험군으로 고점도 글라스아이오노머인 Fuji IX GP EXTRA (FE, GC Co, Tokyo, Japan), Fuji IX GP (FX, GC Co. Tokyo, Japan)와 레진 강화형 글라스아이오노머인 Fuji II LC (FL, GC Co. Tokyo, Japan)를 설정하였으며 대조군으로 임상적으로 많이 사용되고 있는 복합레진인 Filtek™ Z350XT (FZ, 3M ESPE, St. Paul, USA)을 설정하였다.

### 2. 연구방법

#### 1) 시편 제작

철판 주형을 사용하여 직경 10.0 mm, 높이 2.0 mm의 시편을 제작하였다. 유리판 위에 주형을 놓고 각 군에 따른 재료를 충전한 후, Mylar strip을 덮고 가벼운 압력을 주어 나오는 잉여 재료를 제거하였다. 광중합이 필요한 III군과 IV군의 시편에는 양면에 20초씩 광중합을 시행하였다. 광중합기는 Eliper Freelight 2 LED (3M ESPE, USA)를 사용하였다. 모든 실험군은 시편 혼합을 시작하고 1시간 후에 연구를 진행하였다. Table 1과 같이 재료에 따라 시편을 4개의 군으로 나누었으며 각 군당 총 30개의 시편을 제작하였고 각 연구에 10개의 시편을 사용하였다.

#### 2) 불소 유리량 측정

각 10개의 시편으로 이루어진 4개의 군에서 불소 유리량을 측정하였다. 각 시편을 3 mL의 탈이온 증류수를 채운 폴리에틸렌 튜브에 넣고 밀봉을 하였으며  $37 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 항온기에 보관하였다. 불소 유리량은 시편 제작 후 1일, 3일, 7일, 14일, 21일, 28일, 56일, 84일에 측정을 하였고 불소 측정 간격 일수로 나누어 기록하였다. 보관하는 동안 하루에 한번 튜브를 흔들어 주었으며 매 측정 후 새로운 탈이온수로 교환을 하였다. 불소 유리량 측정은 매 측정 시 시편 용액과 같은 온도의 1 ppm, 10 ppm, 100 ppm의 불소 표준 용액(Fluoride standard solution, Istek, Korea)을 이용하여 농도 보정 후 시행하였으며, 시편을 꺼낸 폴리에틸렌 튜브에 동일한 양의 TISAB II (Total Ionic Strength Adjusting Buffer, Istek, Korea)용액을 적용한 후 pH/ISE meter (750P, Istek, Korea)에 불소전극(Fluoride combination electrode, Istek, Korea)을 연결하여 각 용액 내에 유리된 불소 유리량을 측정하였다.

#### 3) 미세경도 측정

각 10개의 시편으로 이루어진 4개의 군에서 비커스 미세경도기(Vickers hardness tester, KM-122, Akashi, Japan)를 이용하

**Table 1.** Sample grouping and materials used in this study

Material	Group	Manufacturer	Category
Fuji IX GP EXTRA (FE)	I	GC Co. Tokyo, Japan	Highly viscous GIC
Fuji IX GP (FX)	II	GC Co. Tokyo, Japan	Highly viscous GIC
Fuji II LC (FL)	III	GC Co. Tokyo, Japan	Resin-modified GIC
Filtek™ Z350XT (FZ)	IV	3M ESPE, St. Paul, USA	Composite resin

(GIC: Glass ionomer cement)

여 표면경도를 측정하였으며 100 g의 하중을 10초간 적용하였다. 시편에 형성된 압흔의 장축길이를 통하여 미세경도(Vickers Hardness Number, VHN)의 값을 산출하였으며 각 시편은 최소한 1.0 mm 이상 떨어진 3부위를 측정하였고 3개 미세경도 값의 평균값을 산출하였다.

측정은 경화 후 1시간 뒤에 미세경도를 측정하였으며 10.0 mL의 탈이온수에 밀봉한 뒤, 수분이 미세경도에 미치는 영향을 조사하기 위하여 1일 후에 측정하였다. 시간이 미세경도에 미치는 영향을 조사하기 위하여 7일, 14일, 21일, 28일, 56일, 84일에 측정하였으며 매 측정마다 탈이온수는 교환하였다. 시편은 37 ± 1°C 항온기에서 보관되었다.

4) 용해도 측정

각 10개의 시편으로 이루어진 4개의 군에서 용해도를 측정하였다. 제조사에 따른 경화시간이 지난 후 두 대의 건조기를 이용하여 37 ± 1°C에서 22시간, 23 ± 1°C에서 2시간 보관한 후 ± 0.1 mg의 정확도로 정밀저울(Explorer, OHAUS, USA)을 사용하여 무게를 측정하여 M<sub>1</sub>로 기록하였다. 시편은 10 mL의 탈이온수가 담긴 폴리에틸렌 튜브에 밀봉 후 37 ± 1°C의 항온기에서 보관하였으며 7일, 14일, 21일, 28일, 56일, 84일에 동일한 방법으로 무게를 측정하였고 이 값을 M<sub>2</sub>로 기록하였다. 또한 직경 10.0 mm 높이 2.0 mm의 시편 부피를 산출하여 V로 기록한 후 다음과 같은 공식으로 용해도를 산출하였다.

$$W_{sol} = \frac{M_1 - M_2}{V}$$

W<sub>sol</sub>: 시험 재료의 용해도(μg/mm<sup>3</sup>)

V: 시편의 부피(mm<sup>3</sup>)

M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>: 시편의 무게(μg)

3. 통계 분석

불소 유리량, 용해도, 미세경도의 수치를 SPSS 21.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 통계 분석하였다. 각 군 간의 미세경도, 용해도, 불소 유리량 비교를 위하여 Kruskal-Wallis test로 유의성을 검정하였으며, Scheffe로 사후 검정을 시행하였다.

Ⅲ. 연구 성적

1. 불소 유리량 측정 결과

대조군인 IV군을 제외하고 모든 군에서 1일째에 가장 높은 불소 유리량을 보였으며 점차 감소하는 양상을 보였다(Fig. 1). I군은 II군과 III군에 비하여 전 측정기간 동안 높은 불소 유리량을 보였다. 불소 누적 유리량은 14일 이후 II군과 III군은 유의한 차이를 보이지 않았으며 I군은 다른 세군에 비하여 전 측정기간 동안 높은 불소 누적 유리량을 보였다(Fig. 2).

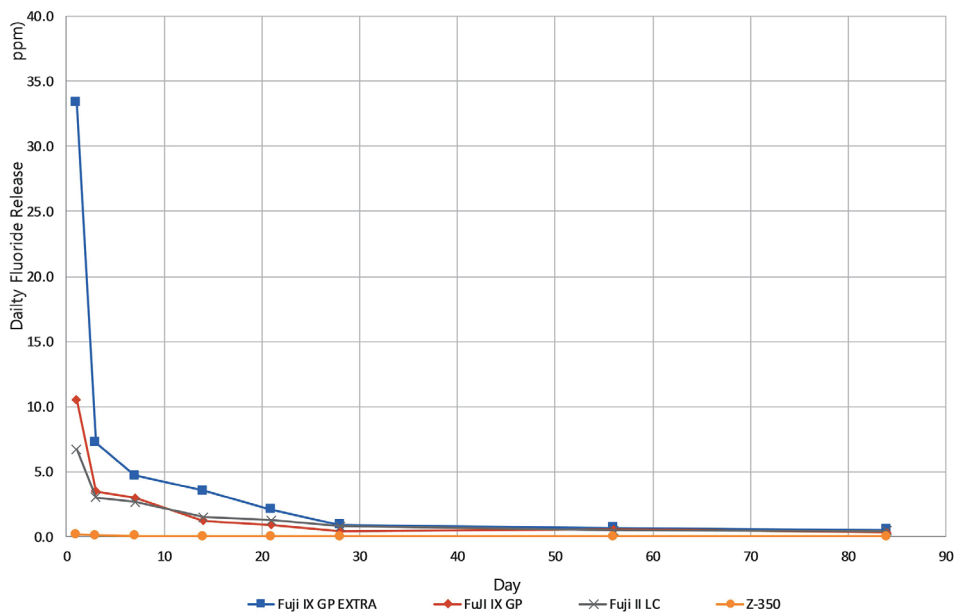


Fig. 1. Daily fluoride release for 84 days.

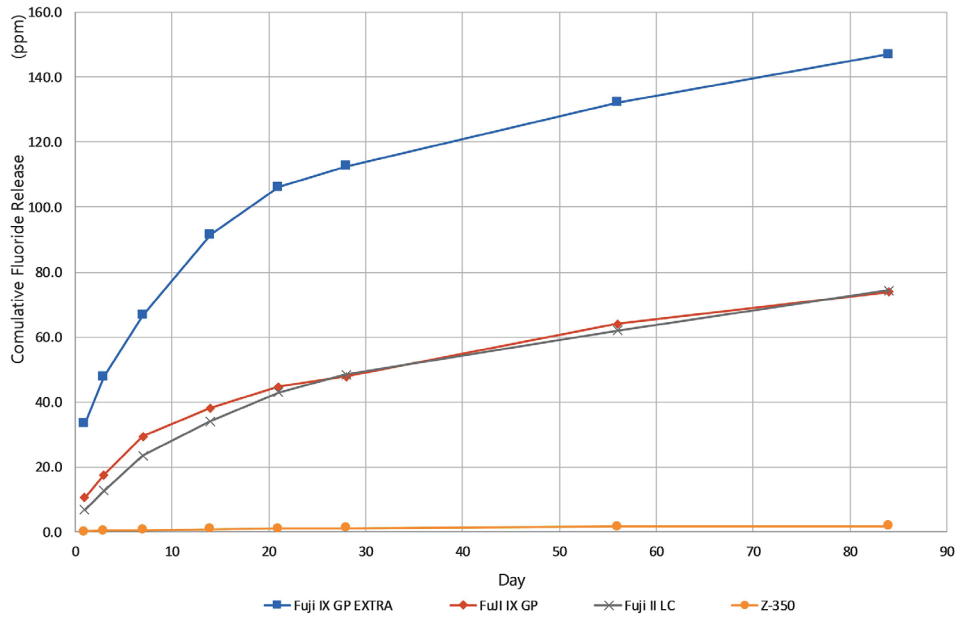


Fig. 2. Cumulative fluoride release for 84 days.

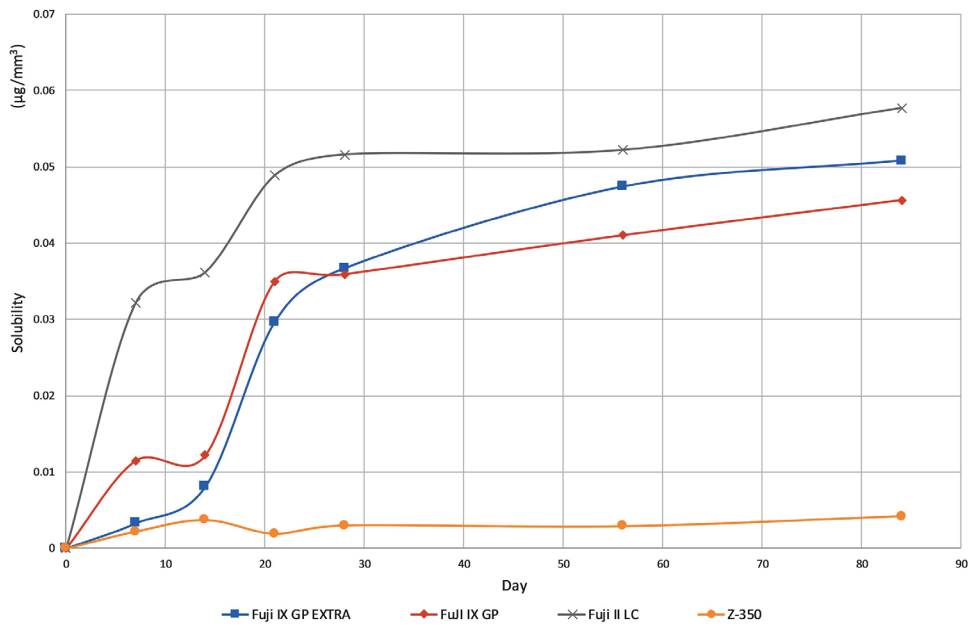


Fig. 3. Solubility of materials for 84 days.

## 2. 용해도 측정 결과

용해도 측정 결과에서 Ⅲ군은 14일 측정까지 다른 세군에 비하여 높은 용해도를 보였으며 유의한 차이를 보였다(Fig 3). Ⅰ군

과 Ⅱ군은 14일 이후에 용해도가 급격히 증가하였으며 21일 측정 이후에 Ⅰ군, Ⅱ군과 Ⅲ군은 대조군인 Ⅳ군에 비하여 모두 높은 용해도를 보였으나 세 군 간의 유의한 차이는 없었다(Fig. 3).

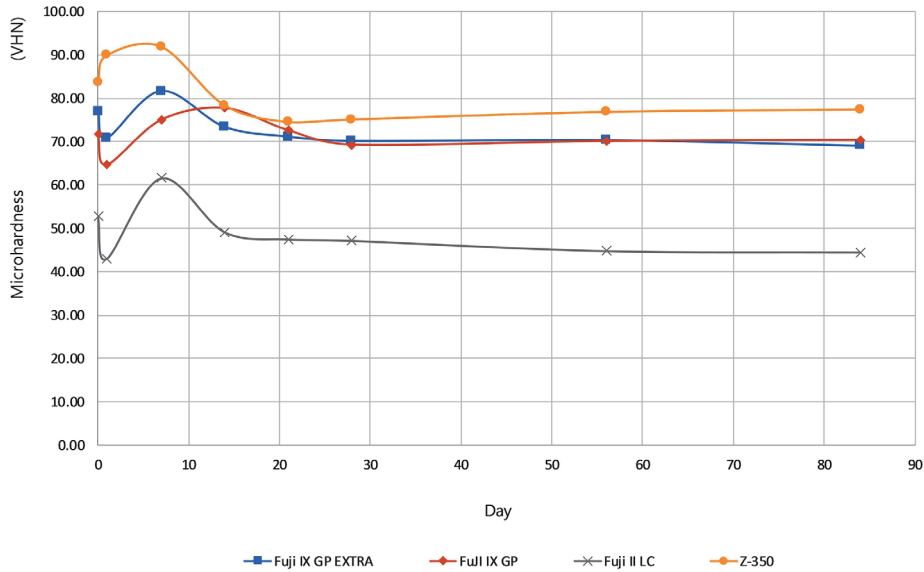


Fig. 4. Comparison of Vickers microhardness of each group for 84 days.

Table 2. Vickers hardness number of materials between 1 hour and 1 day

Group	1 hour	1 day	p value
I	76.84 ± 4.18	70.79 ± 2.65	0.001
II	71.62 ± 5.23	64.62 ± 3.27	0.002
III	52.75 ± 2.42	42.94 ± 2.30	0.000
IV	83.55 ± 4.35	89.83 ± 4.51	0.008

Kruskal-Wallis Test  
(Mean ± Standard deviation)

### 3. 미세경도 측정 결과

수분에 의한 영향을 평가하기 위해 경화 후 1시간과 1일의 측정값을 비교하였을 때 I군, II군과 III군은 수분 접촉 이후 유의하게 미세경도가 감소하였으나 대조군인 IV군 복합레진은 미세경도가 증가하였다(Table 3).

I군, III군과 IV군의 미세경도 값은 7일, II군은 14일에 가장 높은 값을 보였으며 그 이후 모든 군에서 지속적으로 감소하였다(Fig. 4). 21일 이후 I군, II군은 미세경도의 차이가 없었으며 IV군보다 미세경도가 낮고 III군보다 높은 값을 보였다.

### IV. 총괄 및 고찰

이 연구에서 사용한 FE, FX와 FL은 모두 84일까지 불소를 방출하였으며 이러한 글라스아이오노머의 특성은 구강 내 불소 농도를 높여 우식 예방에 효과가 있다. 모든 실험군은 측정 후 1일에 가장 높은 불소 유리량을 보였는데 이러한 결과는 다른 연구들과 유사하였다[4,6,8]. 초기의 높은 불소 방출은 글라스아이오노머가 용액에 노출되었을 때 재료의 표면이 용해되어 불소가 급격히 유리되는 현상(burst effect) 때문이며[4] 이러한 현상은 경화 과정 중 글라스 분말에서의 불소 방출만이 아니라 최종 경화

전 글라스 분말의 용해도에 의해서도 영향을 받을 것으로 생각된다. 1일 이후 모든 실험군의 불소 유리는 감소하였으나 84일까지도 불소 유리가 지속되어 장기적으로 구강 내에서 불소를 방출하여 우식 예방 효과가 있다는 것을 예측할 수 있었다. 특히 가장 최근에 개발된 FE는 전 측정기간 동안 가장 높은 불소 유리량과 누적량을 보였다. 재료 간에 서로 다른 불소 유리량은 재료 자체가 함유한 불소의 양과는 관련이 없으며[6] 높은 불소 유리량은 분말-용액 비율, 글라스의 반응성, 글라스 분말의 용해도와 연관되어 있다[8].

미세경도는 재료의 작은 부분에 힘을 가하였을 때 나타나는 영구변형에 대한 저항력으로 내마모성, 강도, 단면수축률과 연관되어 있다[5]. 글라스아이오노머의 초기 미세경도에 영향을 미치는 요소는 여러 가지가 있으며 분말의 화학적 구성 및 구조, 산 용액의 농도, 분말-용액 비율 등이 이에 해당한다[9]. 특히 이 연구에서는 초기 경화 반응 과정 중 수분에 의한 영향을 보기 위하여 경화 1시간과 1일 후에 미세경도를 측정하였는데 1일이 지난 후 모든 실험군에서 유의하게 미세경도가 감소한 것을 알 수 있었다. 이러한 원인은 경화 과정 중에 수분에 노출되면 칼슘, 알루미늄, 나트륨 등의 양이온과 음이온인 불소이온이 용해되어 물성이 감소하기 때문이며[5] 초기의 높은 불소 유리량 또한 설명할 수 있다. 1일 이후 FE와 FL은 7일, FE는 14일에 가장 높은 미세경도에 도달한 후 서서히 감소하였다. 이는 앞선 연구에서 지속적인 알루미늄 염다리(Aluminum salt bridges)의 형성으로 글라스아이오노머가 7일까지 경화가 지속된다고 한 것과 유사한 결과이다[9]. 이 연구에서 사용한 FE는 FX에 비하여 가장 높은 미세경도에 도달하는 시간이 짧았다. 기존 연구에서 분말의 아연 비율을 높이면 재료의 물성이 증가하고 경화시간이 감소한다고 하였는데[10] FE가 분말의 조성 변화 및 분말-액체 비율을 증가시켜 FX보다 초기 경화시간이 감소하였고 따라서 최종 경화에 이르는 시간이 감소될 수 있었던 것으로 사료된다.

이 연구는 미세경도의 장기적 변화를 관찰하기 위하여 84일의 연구기간으로 설계되었다. 글라스아이오노머는 증류수에 보관하였을 때 수분에 의하여 장기간적으로 연화가 지속되며[11] 1년까지도 미세경도가 서서히 감소한다는 연구가 있다[6]. 이 연구에서도 모든 실험군은 가장 높은 미세경도를 보인 후 약 21일까지 급격히 감소한 후 84일까지 서서히 감소하였으며 고점도 글라스아이오노머인 FE와 FX가 레진강화형 글라스아이오노머 FL에 비하여 높은 미세경도를 보였다. FL이 낮은 미세경도를 보이는 이유는 polysalt matrix의 형성을 방해하는 HEMA(Hydroxyethyl methacrylate)가 글라스아이오노머의 산-염기 반응을 억제하기 때문이다[12,13].

용해도는 모든 실험군에서 21일 까지 빠르게 증가하는 것을

볼 수 있었다. 대조군에 비해 높은 글라스아이오노머의 용해도는 기질을 구성하는 수용성 분자들의 용해와 칼슘, 알루미늄 이온들의 초기 용해에 의한 것이며[14] 같은 기간의 높은 불소 유리량과 미세경도의 감소를 관찰 할 수 있었다. 21일 이후 세 실험군은 유의한 차이를 보이지 않았으나 대조군에 비하여 높은 용해도를 보였고 이는 다른 연구에서 글라스아이오노머가 복합 레진에 비하여 높은 용해도를 보인 결과와 유사하였다[15].

앞의 결과들을 통하여 글라스아이오노머의 불소 유리량, 미세경도, 용해도의 시간에 따른 변화를 알아보았으며 이들의 상관관계를 알 수 있었다. 모든 실험군에서 수분에 노출되고 1일 동안 불소 유리량이 가장 높았으며 같은 기간에 미세경도는 가장 많이 감소하였고 초기 경화과정에서 용해도는 증가하였다. 이를 통하여 불소 유리량과 미세경도 및 용해도는 상관관계를 갖는 것으로 보인다. Yip 등[16]에 의하면 글라스아이오노머의 용해는 표면에서 재료의 용해 (Wash-off), 경화 이후 재료의 확산 (Diffusion), 표면의 부식 (Corrosion)에 의하여 일어난다고 하였으며 이 과정에서 표면에서의 불소 방출과 재료 내부의 불소가 확산에 의해 유리될 것으로 생각된다. 하지만 단기간의 높은 불소 방출은 재료 자체의 용해에 의한 것으로 미세경도 감소와 용해도 증가가 불소만의 유리에 의한 것으로 볼 수는 없다. 장기간의 불소 유리에 따른 미세경도 및 용해도를 관찰하였을 때 상관관계는 없는 것으로 보인다. 불소 유리는 84일 동안 지속적으로 유리되었지만 용해도는 21일까지 급격히 증가한 후 변화폭이 작아졌으며 미세경도 또한 일정기간 감소 이후 변화는 크지 않았다. Shiozawa 등[6]에 의하면 글라스아이오노머는 1년간 장기간 보관하였을 때 재료에서 불소, 규소, 나트륨, 스트론튬이 크게 감소된다고 하였다. 이를 통하여 미세경도와 용해도에 영향을 미치는 표면의 변화는 장기간으로 불소만이 아니라 글라스아이오노머를 구성하는 주요성분인 규소, 나트륨, 스트론튬 등의 변화와 연관되어 있을 것으로 생각된다.

이 연구에서는 글라스아이오노머를 탈이온수에 보관하여 불소 유리량과 미세경도, 용해도를 측정하였다. Okada 등[17]의 연구에서는 타액에 고점도 글라스아이오노머를 보관하였을 때에는 칼슘과 인이 글라스아이오노머의 기질을 강화시켜 미세경도가 40일까지도 증가한다고 하였고 Aliping-McKenzie 등[18]은 재료의 용해와 수축 정도는 보관 용액의 종류에 따라 다르다고 하였다. 이 연구에서는 앞의 연구들과 달리 탈이온수에 보관함으로써 구강 내 환경을 재현하는데 한계가 있었고 잇솔질에 의한 마모나 열 순환 처리와 같은 임상적 영향을 평가하지 못하였다. 이를 보완한 연구가 필요하며 불소만이 아니라 글라스아이오노머를 구성하는 다른 성분의 유리를 측정하여 기계적 물성과의 상관관계를 알기위한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

## V. 결 론

이 연구는 고점도 글라스아이오노머인 FE, FX와 레진 강화형 글라스아이오노머인 FL이 탈이온수에서 장기간 보관될 때의 불소 유리량, 미세경도와 용해도를 측정하고 비교하는 것이었다. 모든 글라스아이오노머는 1일에 불소 유리량이 가장 높았으며 1일 이후 서서히 감소하였다. 불소 유리량과 누적량은 84일에 FE가 가장 높았으며 FX와 FL은 유의한 차이를 보이지 않았다. 미세경도를 측정 및 비교한 결과 수분에 노출된 후 모든 글라스아이오노머는 미세경도의 감소를 보였다. 84일 후 미세경도는 FE와 FX가 유의한 차이를 보이지 않았고 FL가 가장 낮았다. FE, FX, FL의 용해도는 21일까지 급격히 증가하였으며 21일 이후에는 세 군이 유의한 차이를 보이지 않았다. 결과적으로 단기간의 불소 유리는 용해도와 미세경도에 영향을 미치지만 장기간의 불소 유리는 물성과 상관관계를 가지지 않았다.

최근의 고점도 글라스아이오노머는 기존에 사용하고 있던 레진 강화형 글라스아이오노머에 비하여 초기 불소 유리량이 높으며 용해도가 낮고 미세경도가 높아 물성이 개선된 것을 알 수 있었으나 임상적으로 적용하기 위해서는 다양한 물성에 대한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 사료된다.

## References

1. Wilson AD, Kent BE : The glass ionomer cement, a new translucent dental filling material. *J Appl Chem Biotechnol*, 21:3-13, 1971.
2. Baig MS, Fleming GJ : Conventional glass-ionomer materials: A review of the developments in glass powder, polyacid liquid and the strategies of reinforcement. *J Dent*, 43:897-912, 2015.
3. Kim KC, Kim S, Choi YC *et al.*, Pediatric dentistry, 5th ed. Dental wisdom, Seoul, 373-374, 2014.
4. Wiegand A, Buchalla W, Attin T : Review on fluoride-releasing restorative materials-fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. *Dent Mater*, 23:343-362, 2007.
5. Ko YM, Kwan YH, Choi HC *et al.*, Dental materials, 7th ed. Gunja publishing Co., Seoul, 238-239, 2015.
6. Shiozawa M, Takahashi H, Iwasaki N : Fluoride release and mechanical properties after 1-year water storage of recent restorative glass ionomer cements. *Clin Oral Investig*, 18:1053-1060, 2014.
7. Peez R, Frank S : The physical-mechanical performance of

- the new Ketac Molar Easymix compared to commercially available glass ionomer restoratives. *J Dent*, 34:582-587, 2006.
8. Karantakis P, Helvatjoglou-Antoniades M, Theodoridou-Pahini S, Papadogiannis Y : Fluoride release from three glass ionomers, a compomer, and a composite resin in water, artificial saliva, and lactic acid. *Oper Dent*, 25:20-25, 2000.
9. Silva RC, Zuanon AC, Machado JS, *et al.* : In vitro micro-hardness of glass ionomer cements. *J Mater Sci Mater Med*, 18:139-142, 2007.
10. Zoergiebel J, Ilie N : Evaluation of a conventional glass ionomer cement with new zinc formulation: effect of coating, aging and storage agents. *Clin Oral Investig*, 17:619-626, 2013.
11. De Moor RJ, Verbeeck RM : Changes in surface hardness of conventional restorative glass ionomer cements. *Biomaterials*, 19:2269-2275, 1998.
12. Mitra SB, Kedrowski BL : Long-term mechanical properties of glass ionomers. *Dent Mater*, 10:78-82, 1994.
13. Peutzfeldt A, García-Godoy F, Asmussen E : Surface hardness and wear of glass ionomers and compomers. *Am J Dent*, 10:15-17, 1997.
14. Gemalmaz D, Yoruc B, Ozcan M, Alkumru HN : Effect of early water contact on solubility of glass ionomer luting cements. *J Prosthet Dent*, 80:474-478, 1998.
15. Nilufer Celebi B, Ibrahim T : Evaluation of the solubility of Resin- modified glass ionomer cements. *Hacet Dent Facu M*, 31:3-7, 2007.
16. Yip HK, Lam WT, Smales RJ : Fluoride release, weight loss and erosive wear of modern aesthetic restoratives. *Br Dent J*, 187:265-270, 1999.
17. Okada K, Tosaki S, Hirota K, Hume WR : Surface hardness change of restorative filling materials stored in saliva. *Dent Mater*, 17:34-39, 2001.
18. Aliping-McKenzie M, Linden RW, Nicholson JW : The effect of saliva on surface hardness and water sorption of glass-ionomers and "compomers". *J Mater Sci Mater Med*, 14:869-873, 2003.



국문초록

## 고점도 글라스아이오노머의 불소 유리량, 미세경도 및 용해도의 상관관계

신비술 전공의 · 김종수 교수 · 유승훈 교수

*단국대학교 치의학과 소아치과학교실*

이 연구의 목적은 고점도 글라스아이오노머와 레진 강화형 글라스아이오노머의 시간에 따른 불소 유리량, 미세경도, 용해도를 측정하고 비교하는 것이다. 고점도 글라스아이오노머인 Fuji IX GP EXTRA, Fuji IX GP, 레진 강화형 글라스아이오노머인 Fuji II LC를 실험군으로, Filtek™ Z350XT을 대조군으로 설정하였으며 탈이온수에 보관한 후 84일간 불소 유리량, 미세경도, 용해도를 측정하였다.

불소 유리량의 측정 결과 모든 글라스아이오노머는 1일에 불소 유리량이 가장 높았으며 서서히 감소하였다. 불소 유리량과 누적량은 Fuji IX GP EXTRA가 가장 높았으며 Fuji IX GP와 Fuji II LC는 유의한 차이를 보이지 않았다. 미세경도 측정 결과 모든 실험군에서 수분 노출 1일 후 측정에서 미세경도의 감소를 보였으며 84일 후 미세경도는 Fuji IX GP EXTRA와 Fuji IX GP가 유의한 차이를 보이지 않았고 Fuji II LC이 가장 낮았다. 용해도 측정에서 Fuji IX GP EXTRA, Fuji IX GP, Fuji II LC은 21일까지 급격히 증가하였으며 21일 이후에는 세 군이 유의한 차이를 보이지 않았다. 결과적으로 단기간의 불소 유리는 용해도와 미세경도에 영향을 미치지만 장기간의 불소 유리는 물성과 상관관계를 가지지 않았다.

이 연구를 통하여 여러 가지 글라스아이오노머의 불소 유리량, 미세경도, 용해도를 평가하였으며 이러한 특성을 임상적으로 적용할 수 있을 것이다.